

ENERGY SUPPLY OPTIMIZATION WITH CONSIDERING THE ECONOMIC CRISIS IN INDONESIA

Agus Sugiyono

Directorate for Energy Conversion and Conservation Technology, Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT) BPPT Building II, 20th Floor, Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta
Phone: +21-316-9774, fax.: +21-316-9765, e-mail: sugiyono@bppt.go.id

ABSTRACT

The economic crisis that has hit Indonesia since middle 1997 has decreased the economic growth. Industrial sector has decreasing production capacity and energy demand. Due to that condition, energy demand and supply projection that conducted before 1997 is not accurate anymore and need to be updated. This paper discusses energy supply projection using optimization method with considering the economic crisis. The Markal model is used to make the optimization. In the model, optimization problem was formulated as an energy system network. Based on this network, linear programming matrix is constructed. The objective function of the model is minimizing total production cost of energy. The model is solved by GAMS software using personal computer.

Optimization results show that coal will be main energy supply for the future because of abundant of coal resources. Share of coal utilization as primary energy will increase from 9 % in the current year to 34 % in the year 2025. Oil will also have a role as a primary energy because oil fuel in transportation sector is not easy to substitute by other fuels.

1. Pendahuluan

Selama periode 1990 sampai 1997, Indonesia merupakan negara berkembang yang mempunyai pertumbuhan ekonomi rata-rata sebesar 7 % per tahun. Sedangkan permintaan energi meningkat dari 224,4 juta SBM (Setara Barel Minyak atau BOE) pada tahun 1990 menjadi sebesar 381,4 juta SBM pada tahun 1997 atau meningkat sekitar 7 % per tahun. Bahkan untuk permintaan energi listrik tumbuh sebesar 12 % per tahun selama periode tersebut. Berdasarkan data historis pertumbuhan ini, proyeksi permintaan energi yang dibuat sebelum tahun 1997 memperkirakan bahwa permintaan energi akan tumbuh sekitar 6 % per tahun untuk jangka panjang dan pada tahun 2020 permintaan energi diperkirakan mencapai 1.407,1 juta SBM. Permintaan energi tersebut sebagian besar dipenuhi oleh batubara (37 %) diikuti oleh minyak bumi (30 %), gas alam (20 %), biomasa (11 %), dan sisanya sebesar 2 % berasal dari tenaga air dan geothermal.

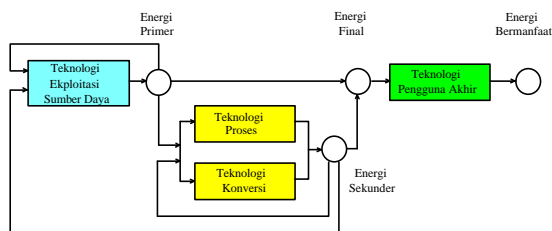
Pada pertengahan tahun 1997 terjadi krisis ekonomi di Asia Tenggara, termasuk di Indonesia. Krisis ini dipicu oleh melemahnya nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika dari Rp 2.500/dolar pada tahun 1996 menjadi sekitar Rp. 10.000/dolar pada pertengahan tahun 1998. Hal ini menyebabkan sektor industri yang menggunakan bahan baku dari luar negeri menurunkan produksinya karena harga bahan baku meningkat sekitar 4 kali lipat dari harga semula dalam nilai rupiah. Sektor lain seperti transportasi dan rumah tangga juga terkena dampak krisis tersebut.

Krisis ekonomi menyebabkan pertumbuhan ekonomi menurun. Dengan kondisi ini proyeksi permintaan dan penyediaan energi yang dibuat sebelum tahun 1997 sudah tidak akurat lagi dan harus diperbaiki. Dalam rangka memperbaiki proyeksi penyediaan energi tersebut maka dilakukan penelitian ini. Proyeksi penyediaan energi ini dibuat berdasarkan optimasi dengan mempertimbangkan kondisi krisis ekonomi. Optimasi dilakukan dengan menggunakan model MARKAL yang sudah terpasang di BPPT, Jakarta. Data masukan model yang berupa proyeksi permintaan energi pada kondisi krisis ekonomi diambil dari studi-studi yang sudah dibuat sebelumnya. Penelitian dilakukan di BPPT mulai tahun 1998 sampai tahun 1999.

2. METODOLOGI

Dalam model MARKAL optimasi dilakukan dengan menggunakan teknik *linear programming* (LP). Model MARKAL dikembangkan pertama kali pada tahun 1980 oleh 12 negara OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) yang tergabung dalam keanggotaan IEA (*International Energy Agency*). Saat ini telah ada beberapa versi dari model MARKAL dan yang digunakan di Indonesia adalah MARKAL-MUSS.

Sebelum melakukan optimasi, persoalan diformulasikan sebagai jaringan sistem energi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Jaringan Sistem Energi

Jaringan sistem energi secara umum terbagi menjadi beberapa kategori teknologi, yaitu :

- Teknologi eksploitasi sumber daya, seperti penambangan, import dan ekspor.
- Teknologi proses yang mengubah satu bentuk *energy carrier* ke bentuk *energy carrier* lainnya.
- Teknologi konversi yang menghasilkan energi listrik atau panas.
- Teknologi pengguna akhir, yang mengubah satu bentuk energi final menjadi energi bermanfaat, seperti kompor untuk memasak, lampu penerangan, dan ketel uap.

Berdasarkan jaringan sistem energi ini, model akan menyusun suatu matriks dalam bentuk LP. Fungsi obyektif dalam LP ini adalah meminimumkan total biaya produksi.

2.1. Perangkat Lunak

Model MARKAL dibuat menggunakan bahasa GAMS (*General Algebraic Modeling System*). GAMS menggunakan metode simpleks standard yang dikembangkan oleh G. Danzig untuk menyelesaikan persamaan LP. Modul tambahan diperlukan bila jumlah variabelnya besar. Dalam penelitian ini digunakan modul OSL untuk menyelesaikan persoalan LP. Matriks dalam model mempunyai 6380 persamaan dan 7987 variabel. Dengan menggunakan personal komputer yang mempunyai prosesor Pentium 200 MHz dibutuhkan waktu sekitar 10 menit untuk melakukan optimasi.

2.2. Perangkat Keras

Perangkat keras minimum yang disyaratkan adalah personal komputer dengan menggunakan prosesor Intel 486 atau yang lebih tinggi. RAM (*Random Access Memory*) minimal 8 Mbyte dan *hardisk* sebesar 200 Mbyte. Model MARKAL dapat dijalankan pada personal komputer baik yang menggunakan sistem operasi Windows maupun DOS.

3. Permintaan dan Cadangan Energi

3.1. Proyeksi Permintaan Energi

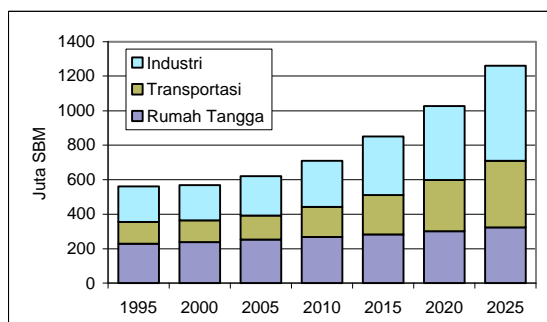
Pertumbuhan permintaan energi berkaitan erat dengan pertumbuhan ekonomi. Asumsi yang

diambil untuk membuat proyeksi pertumbuhan ekonomi ditunjukkan pada Tabel 1. Dengan adanya pertumbuhan ekonomi sebesar nol persen per tahun pada saat krisis (1998) maka permintaan energi pada tahun tersebut juga tidak mengalami pertumbuhan.

Proyeksi permintaan energi merupakan data masukan dalam model MARKAL. Dalam penelitian ini, proyeksi permintaan energi diambil dari studi-studi yang telah ada dan ditampilkan pada Gambar 2. Dalam proyeksi ini termasuk di dalamnya permintaan energi dari biomasa untuk sektor rumah tangga. Pada saat ini total permintaan energi sebesar 561 Juta SBM. Sektor rumah tangga merupakan sektor yang paling banyak membutuhkan energi dengan pangsa sebesar 41 %, diikuti oleh sektor industri (37 %) dan sektor transportasi (22 %).

Tabel 1. Pertumbuhan Ekonomi [2]

Proyeksi	Pertumbuhan Ekonomi(%/tahun)								
	95	97	98	99	00	01	02	03	10
Sebelum 1997	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Setelah 1997	7,1	5,0	0,0	1,0	2,0	4,0	6,0	7,0	7,0



Gambar 2. Permintaan Energi Sektoral [3]

Total permintaan energi rata-rata tumbuh sebesar 1 % per tahun sampai tahun 2005 dan pertumbuhan akan meningkat menjadi 4 % per tahun mulai tahun 2010 sampai tahun 2025. Bila dilihat selama kurun waktu proyeksi, permintaan energi rata-rata tumbuh sekitar 3 % per tahun. Sektor industri masih mempunyai prospek untuk tumbuh meskipun terjadi krisis ekonomi, Sektor ini meskipun sampai tahun 2005 diperkirakan hanya mempunyai pertumbuhan sebesar 1 % per tahun, tetapi setelah periode tersebut pertumbuhannya akan naik menjadi 5 % per tahun. Sektor rumah tangga selama periode proyeksi hanya tumbuh sebesar 1 %. Sedangkan sektor transportasi mempunyai pertumbuhan yang hampir sama dengan sektor industri.

Pada tahun 2025 total permintaan energi diproyeksikan sebesar 1.261 juta SBM. Pangsa

permintaan untuk tiap sektor sudah berubah bila dibandingkan dengan kondisi saat ini. Pada tahun 2025 diperkirakan permintaan energi terbesar adalah sektor industri dengan pangsa sebesar 44 %. Sektor transportasi merupakan sektor kedua yang banyak menggunakan energi dengan pangsa sebesar 31 % dan diikuti sektor rumah tangga dengan pangsa 26 %.

3.2. Cadangan Energi

Indonesia mempunyai sumber energi yang cukup melimpah, seperti batubara, gas alam, minyak bumi, energi air, dan geothermal (Tabel 2). Total cadangan minyak bumi sebesar $9,09 \times 10^9$ SBM yang sebagian besar berada di Sumatera. Total cadangan gas alam sebesar 137,79 TSCF (*Tera Standard Cubic Feet*) yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Sedangkan total cadangan batubara sebesar $36,34 \times 10^9$ ton yang sebagian besar berada di Sumatera dan Kalimantan.

Dilihat dari *R/P Ratio (Reserve dibagi Production)* maka batubara mempunyai *R/P Ratio* yang paling besar yaitu lebih dari 500 tahun. Sedangkan gas alam dan minyak bumi masing-masing mempunyai *R/P Ratio* sebesar 43 dan 16 tahun. Ini berarti dengan tingkat produksi pada saat ini, cadangan batubara masih dapat ditambang lebih dari 500 tahun. Sedangkan minyak bumi akan habis ditambang sekitar 16 tahun bila tidak ditemukan cadangan baru.

Tabel 2. Cadangan Energi

	Minyak Bumi 10 ⁹ SBM	Gas Alam TSCF	Batubara 10 ⁹ TON	Hydro GW	Geothermal GW
Cadangan (R)	9,09	137,79	36,34	75,62	16,10
Produksi Tahun 1997 (P)	0,58	3,17	0,063	-	-
Kapasitas Tahun 1997	-	-	-	2,44	0,36
R/P Ratio (Tahun)	16	43	577	Terbaru- kan	Terbaru- kan

Catatan : - Sumber [1]
 - 1 TSCF untuk Gas Alam = $0,1732 \times 10^9$ SBM
 - 1 Ton untuk Batubara = 3,775 SBM

Cadangan energi terbarukan dinyatakan dalam GW yang merupakan kapasitas terpasang yang mampu untuk dikembangkan. Cadangan energi air sebesar 75,62 GW dan geothermal sebesar 16,10 GW. Cadangan energi terbarukan ini belum banyak dimanfaatkan pada saat ini. Sampai tahun 1997 pemanfaatan energi air hanya sebesar 3 % dan geothermal sebesar 2 %.

4. Optimasi Penyediaan Energi

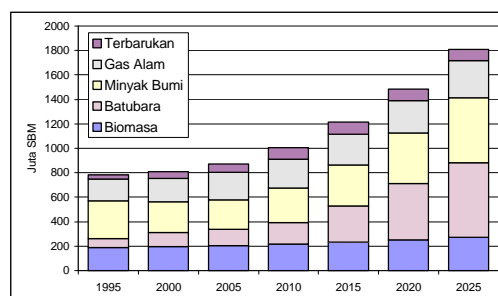
Dengan data masukan proyeksi permintaan energi maka dapat dihitung proyeksi penyediaan energi yang optimum dengan dengan model MARKAL. Optimum di sini mempunyai arti

bahwa biaya penyediaan energi selama periode proyeksi adalah minimum.

4.1. Penyediaan Energi Primer

Penyediaan energi primer meningkat dari 784 juta SBM pada tahun 1995 menjadi 1808 juta SBM pada akhir periode proyeksi. Penyediaan energi primer tumbuh sejalan dengan permintaan energi yaitu sebesar rata-rata 3 % per tahun. Proyeksi penyediaan energi primer untuk setiap jenis energi ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa batubara merupakan sumber energi terbesar untuk jangka panjang. Hal ini dapat dipahami karena batubara masih melimpah di Indonesia dan biaya produksinya relatif murah. Pangsa penggunaan batubara sebagai sumber energi primer saat ini hanya sebesar 9 % dan akan meningkat secara nyata pada tahun 2025 yaitu sebesar 34 %. Peningkatan penggunaan batubara rata-rata sebesar 7 % per tahun. Minyak bumi sebagai sumber energi primer masih cukup berperan karena penggunaan bahan bakar minyak di sektor transportasi masih sulit disubstitusi dengan bahan bakar lain. Pangsa penggunaan minyak bumi pada tahun 2025 mencapai 29 %. Sedangkan gas alam tumbuh sekitar 3 % per tahun dan pangsaanya menurun dari 23 % pada tahun 1995 menjadi 17 % pada tahun 2025.



Gambar 3. Penyediaan Energi Primer

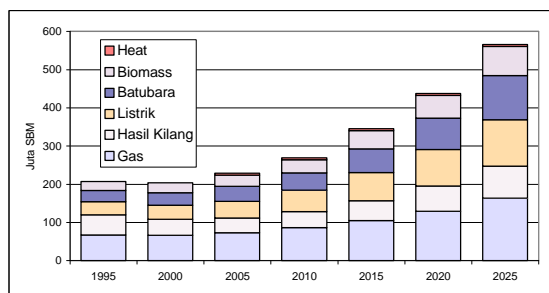
Pertumbuhan penggunaan biomasa sebagai bahan bakar hanya sekitar 1 % per tahun selama periode proyeksi. Biomasa merupakan energi non-komersial dan digunakan di sektor rumah tangga. Untuk menunjang diversifikasi energi, pemerintah terus mendukung pengembangan energi terbarukan. Tetapi karena biaya produksi masih relatif mahal, penggunaan energi terbarukan (energi air dan geothermal) hanya mengalami pertumbuhan rata-rata sebesar 3 % per tahun.

4.2. Penyediaan Energi Sektoral

Penyediaan energi di sektor industri untuk tiap jenis bahan bakar ditunjukkan pada Gambar 4. Gas alam paling dominan dikonsumsi sektor ini.

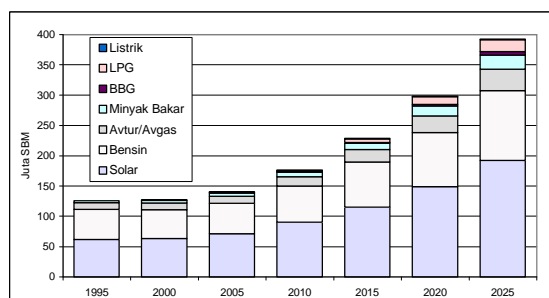
Sebagian besar konsumsi gas alam digunakan untuk bahan baku, terutama di industri pupuk dan baja.

Untuk jangka panjang, konsumsi gas alam mempunyai pangsa yang paling besar (29 %) diikuti oleh listrik (21 %), batubara (20 %), hasil kilang (15 %), biomasa (13 %), dan sisanya (2 %) adalah uap panas dari hasil *cogeneration*. Penggunaan batubara mempunyai pertumbuhan yang paling besar yaitu 5 % per tahun diikuti oleh listrik dan biomas sebesar 4 % pertahun.



Gambar 4. Penyediaan Energi Final Sektor Industri

Di sektor transportasi minyak solar merupakan bahan bakar yang mempunyai pangsa paling besar, baik untuk saat ini maupun di masa mendatang (Gambar 5). Bensin merupakan bahan bakar yang dominan setelah minyak solar. BBG dan LPG yang saat ini masih sangat kecil penggunaannya akan meningkat sekitar 20 % per tahun untuk jangka panjang. Penggunaan listrik di sektor ini tidak banyak mengalami pertumbuhan dan mempunyai pangsa yang sangat kecil.

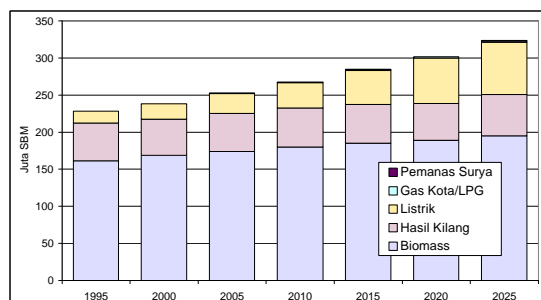


Gambar 5. Penyediaan Energi Final Sektor Transportasi

Gambar 6 menunjukkan penyediaan energi di sektor rumah tangga. Termasuk di dalam sektor ini adalah sektor komersial dan pemerintah. Biomasa merupakan bahan bakar yang paling dominan. Pangsa penggunaan biomasa saat ini sebesar 71 % dan akan menurun menjadi sekitar 60 % pada tahun 2025. Untuk jangka panjang listrik dan hasil kilang juga berperan sebagai penyedia energi di sektor ini. Pada tahun 2025 listrik

mempunyai pangsa sebesar 22 % sedangkan hasil kilang sebesar 17 %.

Bila dilihat dari pertumbuhannya, penggunaan gas kota/LPG dan pemanas surya mempunyai pertumbuhan yang besar yaitu masing-masing sebesar 10 % dan 19 %. Tetapi karena kedua bahan bakar tersebut saat ini pangsa masih sangat kecil maka untuk jangka panjang belum cukup besar untuk mensubstitusi bahan bakar lain.



Gambar 6. Penyediaan Energi Final Sektor Rumah Tangga

5. Kesimpulan

Hasil optimasi dengan model Markal menunjukkan bahwa batubara yang cadangannya melimpah akan menjadi sumber energi primer yang paling dominan untuk masa depan. Minyak bumi masih berperan karena untuk sektor transportasi sebagai penggunaan hasil kilang (solar dan bensin) dari minyak bumi masih sulit diganti dengan bahan bakar lain. Di sektor industri, penggunaan gas alam paling dominan dan digunakan terutama untuk bahan baku. Biomasa sebagai energi non-komersial masih banyak digunakan di sektor rumah tangga.

Daftar Pustaka

- [1] Department Pertambangan dan Energi, 1998, *Statistik Pertambangan dan Energi Indonesia 1997*, Jakarta.
- [2] PT PLN Persero, 1998, *Mengkaji Ulang RUKN*, Majalah Listrik Indonesia, hal. 16-18, No. 3.
- [3] Sugiyono, A. dan Boedoyo, M.S., 1999, *Perubahan Pola Penggunaan Energi dan Perencanaan Penyediaan Energi*, Lokakarya Energi Nasional ke-17, Jakarta, KNI-WEC.

Riwayat Penulis

Agus Sugiyono lahir di Klaten tanggal 29 Juli 1963. Menamatkan pendidikan S1 di Institut Teknologi Bandung dan S2 di Science University of Tokyo, Jepang. Saat ini bekerja sebagai peneliti di Direktorat Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPPT. Penulis juga menjadi anggota Komite Nasional Indonesia - *World Energy Council*.